

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

«ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

На правах рукопису

Ренкас Андрій Гнатович

УДК 514.18

**ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ
ОБЛАСТЕЙ ПАРАМЕТРІВ
ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ**

05.01.01. – Прикладна геометрія, інженерна графіка

Дисертація

на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Науковий керівник

Мартин Євген Володимирович

доктор технічних наук, професор

Львів-2005

З М І С Т

	ст.
ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1	13
ОГЛЯД ГЕОМЕТРИЧНИХ ЗАСОБІВ РОЗВ'ЯЗАННЯ БАГАТОПАРАМЕТРИЧНИХ ЗАДАЧ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ	13
1.1. Огляд літературних джерел з геометричних методів розв'язання багатопараметричних задач пожежної безпеки	13
1.2. Вибір напрямків досліджень	33
1.3. Характеристика об'єкту дослідження	34
Висновки до першого розділу.....	40
РОЗДІЛ 2	42
ФОРМОУТВОРЕННЯ ТА АНАЛІЗ 1-БАГАТОВИДІВ ПРОСТОРУ K^4	42
2.1. Конструювання графічної моделі комплексного простору.....	42
2.2. Формування 1-багатовидів каркасів гіперповерхонь функцій комплексної змінної та обернених функцій	52
2.3. Дослідження 1-багатовидів аналітичних та обернених функцій	56
Висновки до другого розділу.....	60
РОЗДІЛ 3	61
ВІДОБРАЖЕННЯ ТРИГОНОМЕТРИЧНИХ ФУНКЦІЙ КОМПЛЕКСНОГО ПРОСТОРУ K^4	61
3.1. Графічна інтерпретація функцій комплексного аргументу.....	61
3.2. Відображення тригонометричних функцій при дійсних значеннях амплітуди.....	62
3.3. Відображення основних тригонометричних функцій при уявних значеннях амплітуди.....	69
3.4. Відображення основних тригонометричних функцій при комплексних значеннях амплітуди	76

Висновки до третього розділу.....	78
РОЗДІЛ 4	80
ГЕОМЕТРИЧНА ІНТЕРПРЕТАЦІЯ СФЕР КОМПЛЕКСНОГО ПРОСТОРУ	80
4.1. Геометричні аспекти формування сфер.....	80
4.2. Подання сфер комплексного простору K^4	103
4.3. Подання сфер аналітичними функціями	115
4.4. Подання сфер параметричними функціями	118
Висновки до четвертого розділу.....	122
РОЗДІЛ 5	123
ГЕОМЕТРИЧНІ АСПЕКТИ УДОСКОНАЛЕННЯ УПРАВЛІННЯ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНОЮ СЛУЖБОЮ	123
5.1. Управління оперативно-рятувальними підрозділами з використанням засад прикладної геометрії	123
5.2. Забезпечення безпечної діяльності виробництв нафтохімічної промисловості	132
Висновки до п'ятого розділу	134
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	135
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	137
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Проблеми підвищення рівня пожежної безпеки, попередження природних та техногенних катастроф мають загальнодержавний характер. Пожежі, аварії і катастрофи призводять до значних втрат ресурсів, матеріальних цінностей та людського потенціалу держави. Негативні наслідки від цього позначаються не лише на економічній сфері, вони завдають відчутних збитків культурним надбанням як національного, так і світового значення. А екологічні наслідки часто набувають катастрофічного характеру. Ці негативні тенденції особливо відчутні під час реформування економіки, виведення її з кризового стану [114].

Одним із найважливіших напрямків подальшого розвитку пожежно-рятувальної служби в Україні є підвищення ефективності діяльності її підрозділів; основні резерви цього необхідно шукати в удосконаленні організації та управління структурами, що забезпечують пожежну безпеку [31], в раціоналізації регламентних параметрів пожежонебезпечних виробництв.

Подальше удосконалення ефективності управління в пожежно-рятувальній службі розглядають в трьох підсистемах: адміністративно-господарській, профілактично-наглядовій діяльності, гасіння пожеж та ліквідації наслідків техногенних і природних катастроф [129]. Кожна з цих підсистем є достатньо автономною, тому цілком виправдано їх поетапне або навіть незалежне втілення.

Підвищення ефективності діяльності як підрозділів системи пожежно-рятувальної служби, так і окремих її елементів передбачає належність функціональних параметрів цієї системи замкненій області багатовимірного простору. Існує окремий клас задач пожежної безпеки, у яких складні динамічні системи функціонують в умовах невизначеностей. Розв'язання задач такого типу вимагає представлення інформації про зміни

в системі, зокрема „люди - засоби виробництва - зовнішнє середовище - управління захистом об'єкта від пожеж” з урахуванням особливостей динаміки їх розвитку для подальшого вибору конкретного управлінського рішення [59].

Проблема взаємодії системи “людина - техніка - пожежа” є центральною у плануванні та забезпеченні діяльності пожежно-рятувальних підрозділів [31,113]. Враховуючи особливості функціонування, система є динамічною при наявності взаємовпливу параметрів, які відносяться до природного та техногенного характеру. Поведінка системи описується сукупністю нелінійних рівнянь, у яких визначальною є вільна складова [104].

Геометричне моделювання являє основу більшості методів, інструментальних засобів та алгоритмів розв'язання задач в різноманітних галузях діяльності людини. Кінцева мета геометричного моделювання, геометрична модель, відповідає не тільки геометричним об'єктам, але й процесам і явищам, що відбуваються в економіці, суспільстві, природі, тобто стосується не тільки геометричної форми. Дозволяючи абстрагуватися від сутності, що моделюється, геометрична модель в комп'ютерній реалізації складає основу подальшого її вивчення із застосуванням сучасних методів прикладної геометрії.

Актуальність теми дослідження. Систематизовані дослідження управлінських проблем пожежної охорони почали проводитись у середині 60-х років минулого століття. Приблизно у цей час цими проблемами почали займатися у США та Великобританії. Із середини 70-х років комплексні дослідження процесу функціонування пожежної охорони з метою підвищення ефективності її діяльності, удосконалення організації та управління пожежною охороною розпочали спеціалісти Болгарії, Польщі, Угорщини та Німеччини [32].

Сучасний стан прикладної геометрії та комп'ютерної графіки надає можливості реалізовувати комплексний підхід до наукового обґрунтування засад підвищення ефективності управління підрозділами пожежно-рятувальної служби [18-22,64].

Етапи функціонування пожежобезпечної системи подано у двох аспектах: статичному та динамічному. Для першого випадку розглядається геометрія багатовимірних евклідового та комплексного просторів щодо формування областей параметрів. Розробляється питання раціонального подання координатних систем двох просторів стосовно розв'язання багатопараметричних задач пожежної безпеки.

Відомі дослідження обмежуються розглядом областей з кількістю параметрів не більше двох. Для їх узагальнення проведені дослідження k -багатовидів та гіперповерхонь простору K^n , які одночасно являють багатовиди простору вищої розмірності. Такі багатовиди, починаючи з 1-багатовидів, покладені в основу формування замкнених областей багатовимірних просторів різної природи. З огляду на важливість та практичну значущість досліджені та опрацьовані геометричні моделі областей параметрів динамічних систем, що розглядаються в роботі з урахуванням часу настання критичних ситуацій.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Робота виконана в узгодженні з науковими програмами кафедри нарисної геометрії та графіки Інституту прикладної математики та фундаментальних наук Національного університету "Львівська політехніка" та Розпорядження ГУДПО МВС України № 13 від 26.04.01 „Щодо проведення наукових досліджень з актуальних проблем діяльності Державної пожежної охорони”, “Програми забезпечення пожежної безпеки на період до 2010 року”, яка затверджена Постановою Кабінету Міністрів України № 870 від 1 липня 2002 року, а також „Комплексної програми розвитку системи зв'язку, оповіщення та інформатизації МНС на 2004-2010

роки”, яка введена в дію Розпорядженням Кабінету Міністрів України № 109 від 4 березня 2004 року.

Мета дослідження. Розробити геометричні моделі областей параметрів у багатовимірних просторах різної природи щодо розв’язання задач функціонування багатопараметричних динамічних систем.

Об’єкт дослідження – області параметрів динамічних систем.

Предмет дослідження – багатовиди для моделювання областей параметрів пожежобезпечних систем.

Задачі дослідження. Для досягнення поставленої в дисертаційній роботі мети необхідно розв’язати такі теоретичні та прикладні задачі геометричного моделювання:

1. Провести аналіз та вибір координатних систем щодо подання багатовидів у комплексному K^n та евклідовому E^n просторах.
2. Дослідити характер багатовидів різної розмірності як моделей функціональної залежності комплексних і дійсних змінних параметрів.
3. Розробити геометричні засоби щодо подання гіперповерхонь як геометричних моделей залежностей двох комплексних параметрів.
4. Запропонувати модель формування геометричних моделей залежностей кількох комплексних параметрів.
5. Розробити геометричні та комп’ютерні засоби наочного подання багатовидів простору K^2 .
6. Дослідити характер багатовидів комплексного простору як замкнених, так і розімкнених областей параметрів динамічних систем.
7. Удосконалити способи формування багатовимірних областей параметрів динамічних пожежобезпечних систем.
8. Розробити засоби дослідження поведінки динамічних систем з урахуванням часу критичного стану.
9. Здійснити впровадження одержаних результатів у практику прогнозування поведінки динамічних пожежобезпечних систем.

Методи дослідження. Для розв'язання поставлених у дисертаційній роботі задач використані методи нарисної аналітичної та прикладної багатовимірної геометрії евклідового та комплексного простору, теорія поверхонь, методи системного аналізу, математичного моделювання, диференціального і інтегрального числень.

Теоретичною базою для проведення досліджень послужили праці провідних вітчизняних та зарубіжних учених:

у галузі геометричного моделювання ліній та поверхонь: Ю.І. Бадаєва, В.В. Ваніна, С.М. Грибова, М.С. Гумена, С.М. Ковальова, Ю.М. Ковальова, В.М. Корчинського, Л.М. Куценка, В.Є. Михайленка, А.В. Найдиша, В.М. Найдиша, В.С. Обухової, А.В. Павлова, О.Л. Підгорного, А.М. Підкоритова, С.Ф. Пилипаки, В.О. Плоского, К.О. Сазонова, І.А. Скидана, І.І. Котова, С.А. Фролова, В.І. Якуніна, П. Баз'є, Д. Фергюсона, С. Кунса та інших;

у галузі геометричного моделювання об'єктів, процесів та явищ: В.В. Ваніна, В.М. Верещаги, В.Д. Борисенка, М.С. Гумена, С.М. Ковальова, Ю.М. Ковальова, В.М. Корчинського, Л.М. Куценка, В.Є. Михайленка, А.В. Найдиша, В.М. Найдиша, В.М. Несвідоміна, А.В. Павлова, О.Л. Підгорного, В.П. Юрчука та інших;

у галузі прикладної багатовимірної геометрії: К.І. Валькова, В.Я. Волкова, М.С. Гумена, І.С. Джапарідзе, В.М. Корчинського, Є.В. Мартина, В.М. Пер вікової, Б.А. Розенфельда, П. Схоуме, Є.С. Федорова, П.В. Філіппова, В.Ю. Юркова та інших;

у галузі пожежної безпеки: М.М. Брушлінського, В.А. Диневича, В.М. Комяк, Л.М. Куценка, С.М. Мінаєва, В.В. Откидача, Г.В. Рєви, М.М. Романичева, Ф.І. Шаровара та інших.

Наукова новизна одержаних результатів. Науковою новизною роботи є наступне:

1. Проведений порівняльний аналіз і досліджені властивості ортогональних та афінних креслень простору K^n як узагальнення багатовимірного евклідового простору E^n .
2. Встановлені особливості формування I -багатовидів простору K^2 як елементів областей параметрів динамічних систем.
3. Розроблені засоби подання багатовидів як моделей основних тригонометричних функцій комплексного простору та використання їх для формування сфер комплексного простору.
4. Встановлені та досліджені особливості формування замкнених областей багатовидів на прикладі сфер комплексного простору для випадку двох комплексних змінних.
5. Запропоновані геометричні засоби формування областей дійсних і комплексних параметрів пожежобезпечних систем.
6. Запропонована і досліджена геометрична модель прогнозування стійкості динамічної системи з урахуванням часу настання критичної ситуації.
7. Впроваджено результати аналізу параметрів областей стосовно розв'язання задач забезпечення пожежної безпеки.

Практичне значення одержаних результатів. Практична цінність роботи полягає у підвищенні ефективності автоматизованого аналізу управлінських рішень, алгоритмічною базою яких є розроблені геометричні моделі, і складається з таких компонентів:

- економії обчислювальних ресурсів, необхідних для прийняття управлінських рішень;
- підвищення достовірності та виправданості прийнятих рішень з можливістю їх контролю і пов'язаною з цим оптимізацією обсягів обчислювальних ресурсів;
- економії фінансових та людських витрат при впровадженні спроектованих систем прийняття управлінських рішень.

Програмне забезпечення передано до Управління Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій в Тернопільській області для впровадження в діяльності загону державної пожежної охорони м. Тернополя, а також до відкритого акціонерного товариства „Нафтопереробний завод „Галичина” у м. Дрогобичі Львівської області для використання у забезпеченні безпечної діяльності устаткування нафтохімічного синтезу.

На захист виносяться основні положення, що складають наукову новизну та практичну цінність.

Вірогідність результатів досліджень підтверджується коректністю теоретичного аналізу, зіставленням результатів з даними, що опубліковані у літературі, результатів геометричного моделювання окремих управлінських рішень у порівнянні з традиційними підходами на прикладі тих, які використовуються у підрозділах пожежно-рятувальної служби та при експлуатації установок нафтохімічного синтезу.

Впровадження одержаних результатів. Впровадження результатів роботи проведено згідно плану виконання науково-дослідних тем Львівського інституту пожежної безпеки МНС України, а також договорів співпраці з Управлінням Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій в Тернопільській області, Державного департаменту пожежної безпеки МНС України. Програмні продукти щодо геометричного моделювання прийняття управлінських рішень передано до загону державної пожежної охорони м. Тернополя та на НПЗ „Галичина” м. Дрогобича Львівської області. Їх застосування дозволило у першому випадку значно скоротити час та ефективність прийняття управлінських рішень, що дало можливість прогнозувати настання критичних ситуацій та вибирати раціональні параметри складових багатокomпонентних систем вибухонебезпечних сумішей.

Особистий внесок здобувача. Автором особисто розроблені геометричні моделі прийняття управлінських рішень в підсистемах організації профілактичного нагляду з питань попередження та гасіння пожеж, а також виникнення небезпечних ситуацій при експлуатації установок нафтохімічного синтезу. Конкретний внесок у наукових публікаціях із співавторами полягає у розв'язанні поставлених задач, їх формалізації, розробці програм розрахунків на ПЕОМ.

Апробація результатів дисертаційних досліджень. Основні результати було доведено та обговорено на таких конференціях:

- на міжнародній науково-практичній конференції “Пожежна безпека – 2001” (м. Львів, 2001 рік);
- на двох наукових конференціях професорсько-викладацького складу Інституту прикладної математики та фундаментальних наук Національного університету “Львівська політехніка” (м. Львів, 2002, 2003 роки);
- на Десятій Всесвітній конференції з геометрії та графіки (м. Київ, 2002 рік);
- на V міжнародній конференції по математичному моделюванню (м. Херсон, 2002 рік);
- на 7-й та 8-й Міжнародних конференціях „Сучасні проблеми геометричного моделювання” (м. Мелітополь, 2003, 2004 роки);
- на науково-практичній конференції „Пожежна безпека” (м. Харків, 2003 рік);
- на Міжнародній конференції „Сучасні проблеми геометричного моделювання” (м. Львів, 2003 рік);
- на Першій науково-практичній конференції „Геометричне моделювання: енергозбереження, екологія, дизайн” (м. Сімферополь, 2004 рік).

Публікації. Основні результати дисертаційного дослідження опубліковані у 19 роботах, з яких 10 статей у збірках наукових праць, 5 – доповіді у збірках наукових конференцій та 4 – тези доповідей.

ВИСНОВКИ

У дисертації приведені результати розроблення геометричних засобів подання багатovidів різної розмірності, зокрема, основних геометричних функцій стосовно формування сфер комплексного простору як замкнених областей параметрів динамічних систем. При цьому одержані наступні теоретичні результати, що мають наукову і практичну цінність:

1. Вивчено властивості ортогональних та афінних креслень щодо подання багатovidів комплексного простору.

2. Досліджено і встановлено способи визначення розмірності l -багатovidів як елементів областей параметрів комплексного простору.

3. Розроблено геометричні засоби подання прямих і зворотних функціональних залежностей комплексних параметрів.

4. Запропоновані геометричні засоби подання основних тригонометричних функцій комплексного аргументу і досліджені їх властивості при різних значеннях комплексної амплітуди.

5. Вірогідність отриманих результатів підтверджено шляхом побудови комп'ютерних моделей основних тригонометричних функцій з можливістю одержання наочних зображень комплексних дійсних та уявних підпросторах різної розмірності.

6. Використання графічних та комп'ютерно-графічних моделей із застосуванням розробленої програми „Cosinus4D” дозволяє наочно впевнитись у достовірності аксонометричних та проєкційних зображень багатovidів та гіперповерхонь чотиривимірного комплексного простору, а також виявити особливості багатovidів окремих координатних комплексних підпросторів.

7. Одержані рівняння сфер комплексного простору при дійсних, уявних та комплексних значеннях радіуса, досліджені їх форма і

властивості окремих перерізів комплексними підпросторами, та визначені частинні перерізи сфер як замкнені області комплексного простору.

8. Запропоновано геометричну інтерпретацію аналітичності сфер комплексного простору та їх відповідності умовам Коші-Рімана для випадку двох комплексних змінних.

9. Проаналізовано способи та запропоновано геометричні засоби раціонального подання багатовидів як геометричних моделей сфер комплексного простору.

10. До захисту дисертації здійснено впровадження в підрозділах пожежно-рятувальної служби та у галузі нафтопереробної промисловості, у навчальному процесі при викладанні дисциплін інформатики, геометричного моделювання у Львівському інституті пожежної безпеки МНС України та Української академії друкарства.

11. Подальше спрямування розвитку геометричних засобів подання гіперповерхонь та багатовидів комплексного простору дозволить розширити клас систем з комплексними параметрами, які досліджуються.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Advances in mapping// Fire. – 1994.-86, № 1064.- С. 47.
2. Back Thomas. Evolutionary Algorithms in Theory and Practice.Evolution Strategies, Evolutionary Programming, Genetic Algorithms .-USA:Oxford University press, 1996.-328 с.
3. Blanchard Ben S. Cost effectiveness, integrated logistics support and maintainibility // IEEE transaction on reliability. — 1967.Vol. R-16, N 3. P. 117—126.
4. *Fraser C.S. Yamakawa T.* Insights into the Affinne Model for High-Resolution Sftellite Sensor Orientation// ISPRS J. of Photogramm. & Remote Sensing, 2003.
5. *Freeman H.* On the Encoding of Arbitrary Geometric Configurations. – IRE Trans., 1961, v. EC-10(2), N 6. P. 260-268.
6. *M.S. Gumen, E.V. Martyn, A.G. Renkas.*Graphic representation of the multikinds of the complex space K^4 . 10-та Всесвітня конференція з геометрії та графіки. Том 1.-Київ:КНУБА. 2002. – С.149-151.
7. *Magnemat-Thalman N., Thalman D.* Comuter Animation: Theory and Practice. Tokyo: Springer Verlag? 1985. – 138 p.
8. *Muller A.,Stoyan D.* Comparison Methods for Stochastic Models and Risks.-UK:John Wiley & Sons, 2002.-350 с.
9. Pläne für Einsafzzwecke der Feuerwehr/ Lange C., Kariger M. // Brandschufz.- 1995.- 49, № 10.- С. 699-701.
10. *Schneeweiss W.* Petri for Reliability Modelling (from the Fields of Engineering Safety and Dependability) .-Germany:LiLoLe Publ.Co.Ltd., 1999.-200 с.
11. *Schneeweiss W.* The Fault Tree Method(from the Fields of Reliability and Safety Technology) .-Germany:LiLoLe Publ.Co.Ltd., 1999.-206 с.
12. *Абдурагимов И.М.* Актуальные вопросы пожарной безопасности

- промышленных объектов // Журнал ВХО им. Д.И.Менделеева, 1976. – Т.21.-№4. – С. 363-365.
13. *Авазян И.И.* Прикладная статистика: Основы моделирования и первичная обработка данных. – М.: Фин. и стат., 1983. – 471 с.
 14. *Азгальдов Г.Г, Райхман Э.П.* О квалиметрии. – М.: Издательство стандартов, 1973. – 172 с.
 15. *Алексеев Ю.Н.* Анализ обработки металлов давлением, прокаткой и резанием в многомерных пространствах. – В кн.: Самолетостроение и техника воздушного флота. Вып.13. – Харьков, 1968. – С. 124-126.
 16. *Алексеев Ю.Н.* Исследование процессов импульсного деформирования путем введения многомерных пространств. – В кн.: Самолетостроение и техника воздушного флота. Вып.17. – Харьков, 1970. – С. 90-91.
 17. *Аоки М.* Введение в методы оптимизации. Основы и приложения нелинейного программирования. – Москва:Наука, 1977. – 344 с.
 18. *Аренс Х., Лейтер Ю.* Многомерный дисперсионный анализ. – Москва: Финансы и статистика, 1985. – 231 с.
 19. *Арнольд В.И.* Теория катастроф. – Москва: Едиториал УРСС, 2004. – 128 с.
 20. *Архипова Н.И., Кульба В.В.* Управление в чрезвычайных ситуациях. – М.:РГГУ, 1998. – С. 98-104.
 21. *Белкин А.Р., Левин М.Ш.* Принятие решений: комбинаторные модели аппроксимации информации. – Москва: Наука, 1990. – 160 с.
 22. *Беллман Р., Гликсберг И., Гросс О.* Некоторые вопросы математической теории процессов управления. – Москва: Издательство иностранной литературы, 1962. – 336 с.

23. *Беллман Р., Дрейфус С.* Прикладные задачи динамического программирования. – Москва: Наука, 1965. – 458 с.
24. *Бертсекас Д.* Условная оптимизации и методы множителей Лагранжа. – Москва: Радио и связь, 1987. – 400 с.
25. *Бицадзе А.В.* Основы теории аналитических функций комплексного переменного – М.: Наука, 1969. – С. 34-37.
26. *Блох Л.С.* Практическая номография. – Москва: Высшая школа, 1971. – 328 с.
27. *Борисов А.Н., Крумберг О.А., Федоров И.П.* Принятие решений на основе нечетких моделей. Примеры использования. – Рига: Зинатне, 1990. – 184 с.
28. *Бояринов А.И., Кафаров В.В.* Методы оптимизации в химической технологии. – М.: Химия, 1969. – 406 с.
29. *Брушлинский Н.Н.* Моделирование оперативной деятельности пожарной службы. – М.: Стройиздат, 1981. – 96 с.
30. *Брушлинский Н.Н.* Системный анализ деятельности Государственной противопожарной службы. Учебник. – М.: МИПБМВД Росси, 1998. – 255 с.
31. *Брушлинский Н.Н.* Системный анализ и проблемы пожарной безопасности народного хозяйства – М.: Стройиздат, 1988. – 415 С.
32. *Брушлинский Н.Н.* Совершенствование организации и управления пожарной охраной. – М.: Стройиздат, 1986. – С. 4-8.
33. *Брушлинский Н.Н., Соколов С.В., Вагнер П.* Проблемы обеспечения пожарной безопасности в мире на рубеже столетий // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. Вып.6. – М.: ВИНТИ, 2000. – С. 68-102.
34. *Бубнов В.П., Сафонов В.И.* Разработка динамических моделей нестационарных систем обслуживания. – Санкт-Петербург: Лань,

1999. – 64 с.
35. *Бусленко Н.П.* Моделирование сложных систем. – М.: Наука, 1969. – 356 с.
 36. *Бусленко Н.П., Калашников В.В., Коваленко И.Н.* Лекции по теории сложных систем. – Москва: Советское радио, 1973. – 440 с.
 37. *Вагнер Г.* Основы исследования операций ,Т2. – Москва: Мир, 1973. – 488 с.
 38. *Вентцель В.С.* Исследование операций. – М.: Советское радио, 1972. – 552 с.
 39. *Воробьев Ю.Л., Малинецкий Г.Г., Махутов Н.А.* Управление рисками. Реальность и надежды//Международная конференция по проблемам управления: Сб. пленарных докладов. – М., 1999. — С. 139-144.
 40. *Галактионов А.И., Янушкин В.А.* Трансформация структуры деятельности оператора АСУ ТП на стадии самообучения // Психологический журнал. – 1981. – Т.2. - №6. – С. 11-16.
 41. *Галеев Э.М.* Оптимизация: теория, примеры, задачи. – Москва: Едиториал УРСС, 2002. – 304 с.
 42. *Гражданкин А.И., Белов П.Г.* Экстренная система оценки техногенного риска опасных производственных объектов // Безопасность труда в промышленности, - 2000 - № II. – С. 6-9.
 43. *Гумен М.С., Мартин Є.В.* Відображення областей стійкості у комплексному просторі / Прикладна геометрія та інженерна графіка. – Мелітополь: ТДАТА, 2000. – Вип.. 4. Т.11. – С. 48-52.
 44. *Гумен М.С., Мартин Є.В.* Геометрична інтерпретація моделі комплексного простору. // Збірник праць Міжнародної науково-практичної конференції “Сучасні проблеми геометричного моделювання”. – Харків: ХІПБ МВС України, 1998. – Ч.1. – С.

- 139 – 143.
45. *Гумен М.С., Мартин Є.В.* Графоаналітична інтерпретація функціональних залежностей комплексних параметрів // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – К.:КНУБА, 2000. – Вип.67. – С. 42- 45.
 46. *Гумен М.С., Мартин Є.В.* До графічного відображення фазового простору функцій комплексних змінних // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – К.:КДТУБА, 1998. – Вип.63. – С. 41- 43.
 47. *Гумен М.С., Мартин Є.В.* До графічного моделювання багатовидів комплексного простору // Прикладная геометрия и инженерная графика. – Мелитополь: ТГАТА, 1998. – Вып. 4. – Т.2. – С. 58-61.
 48. *Гумен М.С., Мартин Є.В., Ренкас А.Г.* Подання областей параметрів пожежобезпечних систем багатовидами // Міжвідомчий науково-технічний збірник “Прикладна геометрія та інженерна графіка”. – К.:КНУБА, 2003. – Вип.73. – С. 45-50.
 49. *Гумен М.С., Мартин Є.В., Ренкас А.Г.* Сфери комплексного простору // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – К.: КНУБА, 2002. – Вип.71. – С. 37-40.
 50. *Гумен Н.С.* Графоаналитическое исследование многопараметрических систем со взаимозависимыми параметрами. – В кн.: Прикл. геом. и инж. графика. Вып. 12. – Киев, 1971. – С. 97-102.
 51. *Гумен Н.С.* Зависимость между элементами аксонометрического проектирования в косоугольной многомерной аксонометрии. – В кн.: Прикл. геом. и инж. графика. Вып. 5. – Киев, 1967. – С. 207-213.
 52. *Гумен Н.С., Павлов А.В.* Зависимость между элементами аксонометрического проектирования в прямоугольной

- многомерной аксонометрии. – В кн.: Прикл. геом. и инж. графика. Вып. 3. – Киев, 1965. – С. 123-127.
53. *Гумен О.М.* Геометричне моделювання багатокритеріальних задач техніки: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.01.01 / Київський національний університет будівництва і архітектури. – К.: КНУБА, 2004. – 26 с.
54. *Гурман В.Е.* Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Высшая школа, 1977. – 479 с.
55. *Давиденко В.А.* Об одном способе обозначения координатных углов многомерного пространства // Прикл. геометрия и инж. графика. — К.: КГТУСА, 1991. — Вып.51. — С. 29-30.
56. *Даффин Р., Питерсон Э., Зенер К.* Геометрическое программирование. – Москва: Мир, 1972. – 312 с.
57. ДБН 360-92 „Містобудування. Планування та забудова міських та сільських поселень”.
58. *Де Бор К.* Практическое руководство по сплайнам. – Москва: Радио и связь, 1985. – 304 с.
59. *Диневич В.А., Емельянов А.П., Форандс Г.Ф.* Повышение эффективности и качества труда в пожарной охране. – М.: Стройиздат, 1982.– С. 48-49.
60. *Дмитренко Г.Е., Первинова В.Н.* Об изображении многомерных фигур, изоморфных диаграмм состава физико-химических систем. – В кн.: Прикл. геом. и инж. графика. Вып.. – Киев, 1965. – С. 178-184.
61. *Дорогостайский Д.В.* О диаграммах, характеризующих устойчивость судна при больших наклонениях. – Труды науч.-техн. о-ва судостроит. пром. Вып. 2. – Л., 1960. – С. 29-44.
62. *Елохин А.Н., Лебедев А.В.* Методическое и программное

- обеспечение анализа риска аварий на предприятиях нефтяной промышленности // Безопасность жизнедеятельности. – 2002. - № 2. – С. 7-9.
63. *Ефимов Н.В.* Краткий курс аналитической геометрии. – М.: Наука, 1975. – С. 83-89.
64. *Жуковский В.И., Жуковская Л.В.* Риск в многокритериальных и конфликтных системах при неопределенности. – Москва: Едиториал УРСС, 2004. – 272 с.
65. *Закгейм А.Ю.* Введение в моделирование химико-технологических процес сов. – М.: Химия, 1989. – 182 с.
66. *Зуховицкий С.И., Авдеева А.И.* Линейное и выпуклое программирование. – Москва: Наука, 1967. – 460 с.
67. *Клейменов А.В., Гендель Г.Л.* Критерий эффективности мероприятий, повышающий надежность производственного объекта// Безопасность жизнедеятельности, - 2002. - № 2. – С.10-12.
68. *Коссе А.Г.* Метод раціонального розміщення пожежних депо при проектуванні і оновленні районів міста: Автореф. дис. канд. техн. наук: 21.06.02 / Харківський державний технічний університет будівництва і архітектури. – Харків, 2001. – 19 с.
69. *Маланин В.В., Полосков И.Е.* Случайные процессы в нелинейных динамических системах. Аналитические и численные методы исследования .-Ижевск:Издательство "Регулярная и хаотическая динамика", 2001. – 160 с.
70. *Малеев Ю.А.* Геометрическое строение диаграммы состояния четверной эвтектической системы с ограниченными твердыми растворами. – В кн.: Кинематические методы конструирования технических поверхностей. Вып. 213. – М., 1970. – С. 94-99.
71. *Маркушевич А.И., Маркушевич Л.А.* Введение в теорию

- аналитических функций. – М.: Просвещение, 1977. – С.92-97.
72. *Мартин Є.В.* Визначення деяких метричних характеристик лінійної аналітичної функції комплексних змінних // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – К.: КДТУБА, 1998. – Вип. 64. – С. 112-115.
73. *Мартин Є.В.* Комплексне креслення для відображення функції комплексної змінної // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – Мелітополь: ТДАТА, 1998. – Вип. 4, Т. 3. – С. 89-92.
74. *Мартин Є.В., Ренкас А.Г.* Багатовиди як границі областей параметрів у просторах E^n та K^n // Прикладна геометрія та інженерна графіка. Праці/ Таврійська державна агротехнічна академія – Мелітополь: ТДАТА, 2003. – Вип.4, т.21. – С. 33-37.
75. *Мартин Є.В., Ренкас А.Г.* Взаємозв'язок геометричних моделей многовидів гіперповерхонь n -просторів // Наукова конференція проф.-викладацького складу Інституту математики та фундаментальних наук: Тези доповідей. – Львів: НУ “Львівська політехніка”, 2002. – С. 66.
76. *Мартин Є.В., Ренкас А.Г.* Взаємозв'язок комплексних і дійсних параметрів у просторі K^4 // Прикладна геометрія та інженерна графіка. Праці/ Таврійська державна агротехнічна академія – Мелітополь: ТДАТА, 2002. – Вип.4, т.17. – С. 43-46.
77. *Мартин Є.В., Ренкас А.Г.* Визначення областей параметрів динамічної системи управління пожежною охороною // Прикладна геометрія та інженерна графіка. Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь: ТДАТА, 2004. – Вип. 4, т. 24. – С. 46-50.
78. *Мартин Є.В., Ренкас А.Г.* Визначення областей раціональної діяльності пожежної охорони // Міжвідомчий науково-технічний збірник “Прикладна геометрія та інженерна графіка”. – К.:КНУБА,

2003. – Вип.72. – С. 142-145.
79. *Мартин Є.В., Ренкас А.Г.* Відображення тригонометричних функцій у комплексному просторі//Вестник Херсонского государственного технического университета.– Херсон: ХГТУ, 2002.–Вып.2 (15).–С.305-308.
80. *Мартин Є.В., Ренкас А.Г.* Геометрична інтерпретація динамічних пожежобезпечних систем // Сборник научных трудов: Межведомственный научно-технический сборник. Спецвыпуск. – К.:Випол, 2004. – С.186-189.
81. *Мартин Є.В., Ренкас А.Г.* Геометричні аспекти удосконалення управління протипожежною службою // Прикладна геометрія та інженерна графіка. Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь: ТДАТА, 2001. – Вип.4, т.13.– С. 61-65.
82. *Мартин Є.В., Ренкас А.Г.* Графічна інтерпретація деяких тригонометричних функцій комплексного аргументу // Прикладна геометрія та інженерна графіка. Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь: ТДАТА, 2002. – Вип.4, т.15.– С. 35-38.
83. *Мартин Є.В., Ренкас А.Г.* Графічна інтерпретація многоовидів n -просторів // Наукова конференція проф.-викладацького складу Інституту прикладної математики та фундаментальних наук: Тези доповідей. – Львів: НУ “Львівська політехніка”, 2003. - С. 91
84. *Мартин Є.В., Ренкас А.Г.* Раціональне конструювання пожежобезпечних зон багатовидами n -вимірних просторів // Сучасні проблеми геометричного моделювання: Праці НУ “Львівська політехніка” (спецвипуск): Матеріали міжнар.наук.-практ.конф. / Національний університет “Львівська політехніка”. – Львів, 2003. – С. 182-184.

85. *Мартин Є.В., Ренкас А.Г.* Формування областей параметрів пожежобезпечних комплексів // Пожежна безпека. Збірник наукових праць/ЛПБ, УкрНДІПБ МВС України. – Львів: Сполом, 2002. – Вип.2. – С. 137-141.
86. *Мартин Є.В., Ренкас А.Г.* Формування областей параметрів функціонування пожежобезпечного комплексу // Пожарная безопасность – 2003: Материалы VI науч.-практ.конф. – Харьков: АПБУ, 2003.–С. 377-379.
87. Методика оценки деятельности пожарных частей по охране по охране населенных пунктов. – М.: ВНИИПО МВД СССР, 1979 – 18 с.
88. *Минаев С.Н.* Совершенствование методики оценки деятельности пожарных служб // Вопросы экономики в пожарной охране. – М.:ВНИИПО МВД СССР, 1978. – Вып. 7. – С. 55-60.
89. *Миркин Б.Г.* Проблема группового выбора. – М.: Наука, 1974. – 256 с.
90. *Михайленко В.Є., Найдьши В.М., Підкоритов А.М., Скидан А.І.* Інженерна та комп'ютерна графіка: 2-ге вид. – К. Вища школа, 2001. – 352 с.
91. *Монахов В.Т.* Методы исследования пожарной опасности веществ. – М., Химия, 1972. – С. 94-103.
92. *Найдыши В.М.* Номографирование построений и реконструкция аксонометрических чертежей многомерных объектов. – Науч.труды Мелитопольск. ин-та механизации сельск. хоз-ва, 1967, - т. 5, вып. 1. – С. 67-75.
93. *Найдыши В.М.* О построении наглядных изображений многомерных объектов с помощью ромбоидальных и барицентрических номограмм // Прикладная геометрия и инженерная графика. – К.:

- КИСИ, 1969. – Вып. 8. – С. 177-183.
94. *Найдыш В.М.* Построение наглядных изображений многомерных объектов на плоскости Π^k в базисе плоскости. – Науч.труды Мелитопольск. ин-та механизации сельск. хоз-ва, 1967. – т.5, вып.1. – С. 60-66.
95. *Нечваль Н.А.* Теория и методы адаптивного управления стохастическими процессами. – Рига: РКИИГА, 1984. – 114 с.
96. *Нечипоренко В.И.* Структурный анализ систем. – М.: Советское радио. 1977. – 214 с.
97. *Нижегородцев Р.М.* Анализ и прогнозирование катастроф в сложных динамических системах/Материалы 6-й международной конференции “Проблемы управления безопасностью сложных систем”.–М.:ИПУ РАН, 1999.–http://www.sbcinfo.ru/articles/7th_1999conf/1_12.htm
98. *Нижегородцев Р.М.* Логистическая диссипативная итерационная модель оптимизации инвестиционного процесса /Моделирование экономической динамики: риск, оптимизация, прогнозирование/ Под ред. Р.М.Нижегородцева. – М.: Диалог – МГУ, 1997. – С. 118-135.
99. *Омельченко И.П., Козунко Д.В.* Управление рисками производственно-хозяйственной деятельности в условиях неопределённости на стадии принятия стратегических решений. М.: Вестник машиностроения., 1999. - № 5. – С. 40-45.
100. *Откидач В.В., Темнохуд В.А., Мартовицкий В.Д.* Энтропо-энергетическая концепция природы риска системы „человек – производство – среда”. – М.: Технополис., 2002. - № 1. – С. 26-27.
101. *Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П.* Введение в системный анализ: Учеб.пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1989. – 367 с.

102. *Пискунов Н.С.* Дифференциальное и интегральное исчисления, т. 1. – М.: Наука, 1985. – С. 98-101.
103. *Погорелов А.В.* Многомерная проблема Минковского. Наука, 1975. – 96 с.
104. *Понтрягин Л.С.* Обыкновенные дифференциальные уравнения. – М.: Наука, 1974. – 331 с.
105. *Привалов И.И.* Введение в теорию функций комплексного переменного. – М.: Наука, 1977. – С. 26-82.
106. Про захист населення та територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру. Закон України. 8 червня 2000. - № 1089-00.
107. Про основні засади цивільного захисту. Закон України. 24 червня 2004 року. - № 1859 IV.
108. *Пфаницаль И.* Теория измерений. – М.: Мир, 1976. – 220 с.
109. *Рева В.Г.* Геометричне моделювання об'ємів робочих камер роторно-планетарних машин: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.01.01 / Таврійська державна агротехнічна академія. – Мелітополь, 2005. – 21 с.
110. *Рева Г.В.* Гасіння лісових пожеж за допомогою циліндричних відбивачів: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.01.01 / Київський національний університет будівництва і архітектури. – К., 2000. – 21 с.
111. *Ренкас А.Г.* n -вимірні простори для формування моделі управління пожежною охороною // Наукова конференція проф.-викладацького складу Інституту прикладної математики та фундаментальних наук: Тези доповідей. – Львів: НУ “Львівська політехніка”, 2002. – С. 91.
112. *Ренкас А.Г.* Графічні моделі n -просторів // Міжвідомчий науково-

- технічний збірник “Прикладна геометрія та інженерна графіка” - Київ.:КНУБА,2002. – Вип.71. – С. 219-223.
113. Ренкас А.Г. Застосування геометричних засобів для підвищення ефективності діяльності пожежної охорони // V Міжнародна науково-практична конференція “Пожежна безпека – 2001” Львів: Сполум, 2001. – С. 126-127.
 114. Ренкас А.Г., Половко А.П. Практичний посібник з адміністративно-правової діяльності – Л.: Львівська політехніка, 2001. – С 56.
 115. Розенфельд Б.А. Многомерные пространства – М.: Наука, 1966. – С. 215 -220.
 116. Романычева Н.Н., Минаев С.Н., Августинович О.В. К оценке деятельности структурных звеньев пожарной охраны // Вопросы экономики в пожарной охране / ВНИИПО МВД СССР. 1978. – Вып. 6. – С. 8-25.
 117. Смышляева Л.Г. Преобразование Лапласа функций многих переменных. – Ленинград: Издательство Ленинградского университета, 1981. – 143 с.
 118. Теклин А.М., Федотов Г.И. Курс начертательной геометрии. – М.: Изд-во техн-теорет. л-ры, 1956. – 435 с.
 119. Тимофеев В.С., Серафимов Л.А. Принципы технологии основного и нефтехимического синтеза: Учебное пособие для вузов. –2-е изд., пере раб. – М.: Высш.шк.,2003. – 536 с.
 120. Трахтенгерц Э.А. Субъективность в компьютерной поддержке управленческих решений. – Москва: Синтег, 2001. – 256 с.
 121. Уёмов А.И. Системный подход и общая теория систем. – М.: Мисль, 1978. – 272 с.
 122. Федорюк М.В. Обыкновенные дифференциальные уравнения. – М.: Наука, 1980. – С. 33-41.

123. Филиппов В.В. Об изображении тепловых процессов и циклов транспортных тепловых машин в пространстве различных измерений. – Труды Всесоюз. заочн. ин-та ж.-д. трансп., 1969, вып. 33. – С. 58-110.
124. Филиппов П.В. Начертательная геометрия многомерного пространства и ее приложения. – Л.:Изд-во Ленингр. ун-та, 1979. – 280 с.
125. Филиппов П.В., Королев Н.Т., Чистая И.В. Начертательная геометрия многомерного пространства в линейном программировании. — Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1986. — С. 7-12.
126. Хенли Э.Дж., Кумамото Х. Надежность технических систем и оценка риска: Пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1984. – 528 с.
127. Чередниченко Л.С., Гумен Н.С., Гумен В.С. Геометрическое моделирование некоторых многопараметрических систем химической технологии. – К. : Вища школа, 1977. – 108 с.
128. Четверухин Н.Ф., Левицкий В.С., Пряшинникова З.И. . Случайные процессы в нелинейных динамических системах. Аналитические и численные методы исследования. – Ижевск: Издательство "Регулярная и хаотическая динамика", 2001. – 160 с.
129. Шаровар Ф.И. Автоматизированные системы управления и связь в пожарной охране – М.: Радио и связь, 1987. – С. 33-34.
130. Янке Е., Эмде Ф., Лем Ф. Специальные функции. Формулы, графики, таблицы. – М.:Наука, 1977. – 342 с.
131. Янке Е., Эмде Ф., Лем Ф.. Таблицы функций с формулами и кривыми. – М. – Л., 1948. – 420 с.
132. Яцкив И.В. Многомерный статистический анализ: классификация и снижение размерности. Учебное пособие по курсу"Компьютерная статистика". – Рига: Институт транспорта и связи, 2003. – 200 с.